Aus der Universitätskinderklinik zu Erlangen
Direktor Geheimrat Professor Dr. F. Jamin.

Das Zeitmaß der physiologischen Vorgänge in den verschiedenen Altersstufen der Kinder.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen

vorgelegt von
Heinz Trost
aus Nürnberg.

Tag der mündlichen Prüfung: 22. 9. 39.

1939
Buch- und Kunstdruckerei Fr. Monninger (S. Liebel), Nürnberg.

1939 N:204

Referent: Geheimrat Professor Dr. F. Jamin.

Dekan: Professor Dr. R. Greving.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern
und meinem Onkel Wilhelm Trost
in Dankbarkeit.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41533919_0028

Das Zeitmaß der physiologischen Vorgänge in den verschiedenen Altersstufen der Kinder.

Alle Lebensvorgänge sind nach räumlichen und nach zeitlichen Maßstäben zu beurteilen, so auch die krankhaft veränderten.

In räumlicher Ausdehnung bieten sich die Form und Gestalt des Organismus, seine Organe und Gewebe verhältnismäßig leicht faßbar und meßbar der Beobachtung dar. In dem Bestreben, Krankheiten in anschaulichen Bildern zu zeichnen, wird der Darstellung der Gestaltform und Gestaltgrößen, dem Morphologischen, eine große Bedeutung beigemessen. So könnte man den Eindruck gewinnen, als ob es sich bei den Bedingungen des gesunden und kranken Lebens um — wenigstens zeitweise — verharrende — statische — Zustände handeln könnte.

Gerade aber das Wandelbare und Wandlungsfähige kennzeichnet den lebendigen Organismus; das Dynamische gibt seinem Lebensgang Rhythmus, Eigenart, Richtung. Dieses Zeitliche wird erst der Betrachtung der Abläufe, der vor sich gehenden Verwandlungen in Aufbau und Abbau, oder wie es Goethe nannte, in Systole und Diastole näher gebracht.

Dazu ist am Gesunden wie am Kranken eine fortlaufende, an die Zeitmessung gebundene Untersuchung und Messung, eine Beobachtung nötig. Vom Zeitmaß der vor sich gehenden Reizbeantwortungen wird es oft abhängig sein, ob diese im Räumlichen unmerklich verlaufen oder ob sie auch in Form und Gestaltveränderungen zum Ausdruck kommen. Nimmt man z. B. an, daß ein Reiz eine spastische Gefäßverengerung in den Fingerarterien auszulösen imstande ist, so wird es von der Dauer der Reizwirkung bzw. ihres Erfolges abhängen, ob diese Reizbeantwortung, wenn sie sehr kurzzeitig unmerklich oder mit einer rasch abklingenden Blässe des Fingers abläuft oder ob sie, wenn sie für längere Dauer anhält, zu

Ernährungsstörungen und schließlich gar zum Absterben an dem betreffenden Glied führt.

Wenn wir daher Lebensvorgänge verstehen oder gar erklären wollen, so werden wir immer auch neben den formalen morphologisch deutbaren Erscheinungen die zeitlichen Abläufe berücksichtigen müssen. Von besonderer Bedeutung ist diese Betrachtungsweise für die Beurteilung der Lebensvorgänge im Kindesalter, weil hier, je jünger ein Kind ist, desto mehr, die Dynamik noch gewaltiger, das Zeitmaß ein noch stürmischeres zu sein pflegt als beim Erwachsenen, den doch eine größere Stetigkeit vor dem Kinde auszeichnet.

Um aber in die Beziehungen Einsicht zu gewinnen, die möglicherweise gerade aus Veränderungen im Zeitmaß der Lebensabläufe für manche noch rätselhaften Krankheitserscheinungen uns eine Aufklärung bringen könnten, ist es zunächst als Grundlage erwünscht, zu wissen, was über die zeitlichen Verhältnisse in den verschiedenen physiologischen Leistungsgebieten der Kinder, gruppiert nach Leistungssystemen und nach Altersstufen bekannt ist. Dieser Zusammenstellung schon ermittelter Werte unter dem hier betonten besonderen Gesichtspunkt soll diese Arbeit gewidmet sein.

Soweit auch bei pathologischen Erscheinungen schon ausreichende Zeitbestimmungen der Abläufe vorliegen, sollen sie mitberücksichtigt werden.

Das Lebenszeitmaß ist eine noch wenig beachtete Größe. So leicht man jederzeit von jedem beliebigen Menschen seine Form, Größe und Gewicht und mancherlei Einzelmaße also seinen räumlichen Wert, bestimmen kann, so schwierig ist es, gewissermaßen sein Tempo festzulegen.

Dennoch ist dieses für jedes Einzelwesen bestimmt, wohl nicht zu allen Zeiten im gleichen Maß, auch nicht in allen Teilen gleichmäßig. Es ist zu vermuten, daß es darin Besonderheiten der rassischen und familiären Anlage-Möglichkeiten gibt. Erst muß die Grundrute klargelegt sein, ehe wir daran gehen, zu prüfen, durch welche Einflüsse und Regelungseinrichtungen, nervöser und hormonaler Art etwa, dieses individuelle zeitliche Grundmaß gehoben oder gesenkt werden kann, wie krankhafte Einflüsse, Vergiftungen, Intoxikationen, Fehlleistungen des Organismus es abändern

oder auch ganz umstoßen können. Es wird auch hier, wie in anderen biologischen Fragestellungen, nötig sein, von einzelnen leichter übersehbaren Leistungen auszugehen, ehe man an die Aufgabe sich wagen kann, das Zeitmaß des Organismus, des menschlichen Einzelwesens in seiner Ganzheit dem Verständnis näher zu bringen; dabei ist keineswegs von vorneherein anzunehmen, daß das, was von den zeitlichen Abläufen in den einzelnen Organen und Organsystemen zu vermitteln ist, auch auf den ganzen Organismus übertragen werden könnte, der in seiner Leib-Seele-Einheit besonderen Gesetzen und Bedingungen untersteht.

Unter der Bezeichnung „Physiologische Vorgänge" wird im Kindesalter allerlei verstanden; die Ursache dafür ist aber meist darin zu suchen, daß man alle für Kinder gefundenen Werte, besonders Mengen- und Formmaße, immer in einen Vergleich zum Erwachsenen setzt und glaubt die Abweichung im Kindesalter gerade noch als physiologisch anerkennen zu müssen. Andere, wie Gundobin, gehen sogar noch weiter und sprechen gleich von pathologischen Zuständen, wie z. B. beim Blutbild des Neugeborenen. Hier hält er es für richtiger von der Pathologie als von der Physiologie der farblosen Blutelemente zu sprechen. Aber auch bei anderen Autoren finden wir immer wieder die Bezeichnung: die Lymphocytose oder die Polyglobulie der Neugeborenen und der Säuglinge. Ein normaler Zustand wird hier durch einen Ausdruck gegeben, den wir für den Erwachsenen nur unter pathologischen Verhältnissen kennen. Es wird dabei allzusehr der Eindruck erweckt, als sei ein gewisser pathologischer Zustand für den Neugeborenen und Säugling eben physiologisch. Dabei hat man aber nicht bedacht, daß der Neugeborene und Säugling eine ganz andere Arbeit zu leisten haben wie der Erwachsene. Er hat seinen täglichen Bedarf zu decken wie dieser, darüber hinaus aber doch eine wesentliche Mehrarbeit durch sein immerhin recht schnell vorwärts drängendes Wachstum. Es ist eben das Kind keine Miniaturausgabe des Erwachsenen, da es doch ganz anderen hormonalen und nervösen Einflüssen unterliegt.

Was nun schließlich die verschiedenen Altersstufen der Kinder anbelangt, so hält man sich hier am besten an die Einteilung im Neugeborenenalter bis ungefähr 10 Tage nach der Geburt. Bis zu dieser Zeit

wären dann die Reste der Foetalzeit verschwunden, der Nabelschnurrest abgefallen, der Ductus Botalli obliteriert und das anfängliche Geburtsgewicht wieder erreicht. Alle Organe haben sich nun auf eine bestimmte Funktion eingestellt, die Neugeborenenperiode hat ihren Abschluß gefunden. Von diesem Zeitpunkt ab wäre dann die Säuglingsperiode zu rechnen, die im Durchschnitt das ganze 1. Lebensjahr umfaßt. Zweckmäßig teilt man diese Zeit, soweit nötig, in ein 1. und 2. Trimenon und trennt diese von dem 2. Halbjahr, dem dann das Kleinkindesalter oder Spielalter folgt.

In vorliegender Arbeit sei nun zunächst einmal auf das Zeitmaß der physiologischen Vorgänge innerhalb der verschiedenen Altersstufen beim

Blut

näher eingegangen. Die dabei gefundenen absoluten Zahlen sind natürlich im Vergleich zum Erwachsenen nur von einem beschränkten Wert, da die Größenverhältnisse ja in beiden Fällen ganz erhebliche Unterschiede zeigen.

Eine gewisse Schwierigkeit in dem Aufdecken des rein Zeitlichen besteht darin, daß man oft zugleich mit dem Zeitmaß auch das Mengen- Gewichts- oder Formmaß mit heranziehen muß. Es wird sich also oft die Fragestellung ergeben, wie lange dauert es, bis eine gewisse Formveränderung, ein gewisses Mengenmaß erreicht ist. Es ist besonders in der Kindheit und hier noch mehr in der frühesten Kindheit alles Leben im Umbruch begriffen, aber es lassen sich im Großen und Ganzen gewisse Gesetzmäßigkeiten in dem Zeitlichen der Mengen- und Formverschiebungen aufdecken. Die Verhältnisse liegen nicht etwa so, wie Kiß und Teveli glauben, daß die Blutwerte ganz unregelmäßig seien, indem sie weder durch das Alter noch durch das Körpergewicht der Kinder in bedeutenderem Maße beeinflußt werden, und keinerlei Gesetzmäßigkeiten vorliegen könnten. Fast bei allen Autoren finden sich jedoch solche Gesetzmäßigkeiten, wenn auch die einzelnen Werte oft untereinander abweichen, so bleibt doch immer die Proportion die gleiche. Es hängt eben oft das Ergebnis allzusehr von der gewählten Methode ab.

Es sei also zunächst auf die Blutmenge hingewiesen. Hierbei sollen zuerst die Mengenteile des Blutes in den verschiedenen Lebensaltern etwas

herausgehoben werden. Teilweise sind bei den Erwachsenen-, wie auch Kinderergebnissen Blut und Blutdepot erfaßt, teilweise nur das kreisende Blut, was eben den großen Unterschied in den gefundenen Werten erklären mag. Die Werte müssen natürlich im Verhältnis zu 1 kg Körpergewicht angegeben werden. So finden wir nach Seckel und anderen Autoren, daß die Blutmenge 146 ccm/kg mit einem Verhältnis von Plasma : Blutkörperchen = 59 : 87 beträgt, das wäre also gleichbedeutend mit 12% Gesamtkörpergewicht. Bis zum 1. Trimenon sinkt dann die physiologische Blutmenge bis auf 109 ccm/kg, wobei in diesem Zeitabschnitt die wichtige Verschiebung von Plasma und Blutkörperchen zu einem Verhältnis von 69 : 40 für das Plasma eingetreten ist, was wohl in dem rapiden Absinken der Blutkörperchenzahl seine eigentliche Ursache hat. Die Gesamtblutmenge nimmt nun im Laufe des 2. Trimenons weiter ab und beträgt physiologischerweise am Ende dieses Zeitabschnittes 101 ccm/kg, wobei sich diesmal das Plasma stärker verringert hat, nämlich auf einen Wert von 60 : 40. Es nimmt also die Blutmenge eines Säuglings im Laufe eines halben Jahres um beinahe ein Drittel ab, d. h. die Blutmenge ist auf 8,2% des Gesamtkörpergewichts im Laufe eines halben Jahres zurückgegangen. Seckel stellt dann weiter fest, daß der Blutmengenanteil am Körpergewicht in den verschiedenen Lebensaltern streng eingehalten wird, es kommt eine systematische Vermehrung der Gesamtblutmenge parallel zum Körperwachstum zustande.

Es wäre in diesem Zusammenhang einmal wichtig zu wissen, wie lange es dauert, bis eine gewisse Blutmenge, sagen wir als Einheit 100 ccm Blut, neu gebildet wird, oder, wenn wir das Zeitmaß als gegeben betrachten, wieviel Blut wird in 1 Tag oder in 1 Stunde neugebildet und 2. finden sich Unterschiede in den verschiedenen Lebensstufen? Seckel gibt dazu an, daß pro kg Körpergewichtsneuansatz 81 ccm Blutmenge neugebildet werden, d. h. 0,4 Billionen Erythrocyten, was im Laufe von 1,5 Monaten der Fall sein dürfte; d. h. es werden pro Tag ca. 10 Milliarden Erythrocyten zusätzlich neu gebildet oder pro Stunde ungefähr 400 Millionen. Das ist eine Arbeit des kindlichen Organismus, die später bei ausgereiften Proportionen nicht mehr geleistet zu werden braucht. Wieviel Blutmenge nun täglich

sowieso, bedingt durch den Untergang der Erythrocyten, neugebildet werden muß, hängt ab von der Lebensdauer der einzelnen corpuskulären Bestandteile; denn es steht ja fest, daß die Blutmenge als solche eine ausgeglichene Bilanz haben muß, es können nicht mehr Neue gebildet werden, als Alte zugrundegehen. Dies natürlich auch nur mit gewissen Einschränkungen. Es sei hier nur auf die obenerwähnte Abnahme der Gesamtblutmenge in den ersten Lebensmonaten verwiesen. Ebenso sei auch noch an gewisse Flutzeiten, so gegen das 6. und 12. Lebensjahr erinnert, in denen der Organismus noch einmal Blutmengen, die fast an die Neugeborenenwerte erinnern, erreicht, allerdings nur hinsichtlich ihrer Menge, nicht hinsichtlich ihrer Zusammensetzung; denn das einmal erreichte Verhältnis von Plasma : Blutkörperchen wird auch dann nicht mehr geändert. Nicht zu ermitteln ist jedoch, ob bei einem Gesamtanstieg der Blutmenge, die Geschwindigkeit der Blutneubildung sich ändert, oder ob die Lebensdauer der einzelnen Blutkörperchen verlängert ist oder ob die Zerstörung der Blutkörperchen nicht so wie sonst gewohnt vor sich geht. Wenn daher die Lebensdauer der einzelnen Blutkörperchen in einem Falle mit 20 Tagen, im anderen Fall mit 50 Tagen gesetzt wird, so muß sich das natürlich dann auswirken, wenn man fragt, wie lange dauert es nun, bis eine gewisse Menge neu ersetzt wird. Es konnten hier nur Werte für den Erwachsenen gefunden werden; bei 20 Tagen Lebensdauer müßten täglich 1,5 Billionen Erythrocyten neu gebildet werden, während es bei 50 Tagen nur 627 Milliarden wären. Diese Zahlen müßten auf kindliche Verhältnisse mit seinem kleineren absoluten Blutmengenanteil erst übertragen werden. Um hier das Zeitmaß der Blutneubildung etwas näher kennen zu lernen, sei darauf hingewiesen, daß L o s s e n angibt, die Normoblasten im Knochenmark müssen sich innerhalb 24 Stunden viermal erneuern um diese Menge zu bilden, d. h. es müßte ein Normoblast 6 Stunden bis zur Reifung brauchen, andere geben sogar nur 2 Stunden und 24 Minuten an. Da es doch unter physiologischen Umständen besonders der Sauerstoff-Bedarf des Organismus ist, der das Tempo der Erythrocytenproduktion regelt und umgekehrt nachgewiesen ist, daß der kindliche Organismus mehr Sauerstoff verbraucht als der Erwachsene, die Produktion sich aber mit dem „Absatz", d. h. mit der

Zerstörung die Waage halten muß, so käme man zu dem Schluß, daß der Absatz gesteigert sein müßte, d. h. daß die Zerstörung schneller vor sich gehen müßte als sonst. Dies wird sicherlich zu einem Teil durch die Tatsache kompensiert, daß sich mit steigernder Produktion auch der „Markt für das Absatzgebiet" erweitert, d. h. es ist die Gewichtszunahme in Rechnung zu setzen, die ja nun auch in den Verbrauch eingeschaltet ist. Dafür aber hat der Organismus vorgesorgt dadurch, daß er ja, wie bereits oben erwähnt, pro kg Körpergewichtszunahme schon eine Mehrarbeit von 81 ccm Blut/kg Körpergewicht = 0,4 Billionen Erythrocyten leistet. Ueber das Zeitmaß der physiologischen Vorgänge könnte gut die Blutmauserung Auskunft geben, da man sagen könnte, solange braucht das Blut, bis es wieder vollständig erneuert ist. Hier gehen aber die Ansichten sehr weit auseinander, denn es schwanken die Angaben von 20 Tagen bis zu 200 Tagen, die gewonnen wurden durch Erfassen des Bilirubins und des Urobilinogens, die als Abbauprodukte des Haematins angesehen werden. Es kann aber nicht ermittelt werden, ob die Erythrocyten in der Neugeborenenzeit eine andere Lebensdauer haben wie im Säuglings- oder Kindesalter. Nach Opitz ergibt sich für den Erwachsenen ein täglicher Blutzerfall von 250 ccm Blut, das würde bedeuten, daß $^1/_{20}$—$^1/_{30}$ der gesamten Menge täglich neugebildet werden müßte, wenn man annimmt, daß eine erwachsene Person 70 kg Körpergewicht und ungefähr 5 Liter Blut hat. Dieser Berechnung nach würde die Lebensdauer der Erythrocyten 28 Tage betragen. Auf einen Neugeborenen übertragen lautet das folgendermaßen: Wenn man annimmt, daß ein Neugeborener 146 ccm Blut/kg Körpergewicht hat und sein Gewicht 3000 gr beträgt, dann hätte er einen täglichen Verlust von 20,5 ccm um nach 28 Tagen seine Erythrocyten vollständig neu aufgestellt zu haben. Dazu kommt nun das Wachstum des ganzen Körpers. Geht nun die Blutbildung im Säuglingsalter oder im späteren Kindesalter schneller oder langsamer vor sich, wie später? Wir finden jedenfalls im Kindesalter viel rotes Knochenmark, von dem nicht angenommen werden darf, daß es vollständig funktionslos ist. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß der kindliche Organismus eine zusätzliche Arbeit durch das ständige Wachstum zu leisten hat.

Ueber das Zeitmaß der Blutregeneration bei den weißen Blutkörperchen finden wir in der Literatur nicht einmal für den Erwachsenen deutliche Werte. Fest steht jedenfalls, daß der Untergang und die Bildung der weißen Blutkörperchen wesentlich rascher vor sich geht, als es bei den roten der Fall ist. Lossen gibt an, daß 243 Milliarden granulocytärer Elemente im Knochenmark nur 35,1 Milliarden kreisende Granulocyten gegenüberstehen, d. h. wenn sich diese 243 Milliarden innerhalb 24 Stunden nur 1 mal teilen, dann könnten die gesamten Leucocyten 7 mal ersetzt werden. Wenn das auch nicht der Fall zu sein braucht, da die Gesamtzahl der Leucocyten mit der Zählung der kreisenden Leucocyten noch lange nicht abgeschlossen ist — die Zahl der im Gewebe befindlichen Leucocyten konnte auch noch nicht annähernd erfaßt werden —, so beträgt doch die Lebensdauer der Leucocyten bestimmt nicht so viel, wie die der Erythrocyten, höchstens einige Tage bis 2 Wochen, zumal ihr Verbrauch im Körper ein zu großer ist.

Daß natürlich unter diesen Umständen eine Lebensdauer für Neugeborene nicht angegeben ist, ist leicht verständlich. Deutet vielleicht die Tatsache, daß beim Säugling $^2/_3$ des Knochenmarks für die Bildung der weißen Blutkörperchen und nur $^1/_3$ zur Erythropoese verwendet wird, auf einen erhöhten Verbrauch der weißen in diesem Alter hin? Reagenzglasversuche haben für biologische Vorgänge immer nur einen begrenzten Wert, aber trotzdem soll die Tatsache nicht unerwähnt bleiben, daß unter künstlichen physiologischen Verhältnissen im Reagenzglas der größte Teil der Lymphocyten bis zur 100. Stunde zerstört ist. Monocyten und neutrophile Leucocyten werden schon nach 12—60 Stunden zerstört; eine längere Lebensdauer haben dagegen Myelocyten. Diese konnten noch nach 140 Stunden einwandfrei differenziert werden. Auch Philipsborn nahm beim Gesunden an, daß die Leucocyten von gesunden Menschen innerhalb von 3 Stunden unverändert bleiben, während sie bei akuten Infektionskrankheiten (Pneumonie, Scharlach, Diphtherie und Sepsis, chron. Nierenentzündung) schon wesentlich früher Degenerationserscheinungen zeigen, was wiederum vom Zellwiderstand (Rasse?) und dem Toxingehalt des Serums abhängig sein soll.

Ein etwas besseres Bild über die Regenerationsfähigkeit liefern die Thrombocyten, da es bei ihnen gelingt, sie ganz aus dem Blute zu entfernen. Die vollständige Regeneration ist dann schon nach 4—6 Tagen erfolgt. Es müßte also demnach die Lebensdauer der Thrombocyten nur einige wenige Tage betragen, wäre also wesentlich kürzer als die der übrigen Blutelemente.

Eine gewisse Beschleunigung der Blutregeneration kann man durch das Höhenklima erreichen, bes. bei, wie Peters nachwies, anaemischen Kindern, während hier bei Erwachsenen keinerlei Erscheinungen auftreten. Die Tatsache allerdings, daß bei dem bekannten Blutkörperchenanstieg im Hochgebirge eine Woche vergeht, bis der Anstieg zustande kommt und 3 Wochen bis zur vollen Entwicklung braucht, während bei der Rückkehr zur Tiefebene fast plötzlich die Norm erreicht ist, ließe eventuell darauf schließen, daß nur die Lebensdauer der einzelnen Erythrocyten verlängert wurde.

In diesem Zusammenhang seien noch einige Angaben über die Aenderung der Blutregeneration unter pathologischen Verhältnissen gemacht. So erfolgt die Regeneration der Blutzellen im Knochenmark, die durch Blutentziehung angefacht wird, rascher als die Synthese des Haemoglobins, sodaß das einzelne rote Blutkörperchen weniger Haemoglobin enthält als der Norm entspricht. Beim Kind ist die Regenerationsfähigkeit nach Blutungen größer als beim Erwachsenen. Die Geschwindigkeit des Wiederersatzes ist von dem Eisengehalt der Nahrung abhängig. Etwas, was bei allen physiologischen Vorgängen im Kindesalter besonders auffällig ist, ist ihre Labilität, sie reagieren schneller auf den gleichen Reiz. Ist dabei in der Jugend der Empfänger empfindlicher oder ist die Reaktionszeit verkürzt? Für den Erwachsenen glaubte man festgestellt zu haben, daß mit dem linearen Anstieg des Reizes die Reaktion nach Art einer logarithmischen Kurve zunehme; ferner, daß bei einem Reiz die ersten Reserven in kürzester Zeit zur Verfügung stehen, daß aber für den nächsten Nachschub, also durch Funktionssteigerung erst eine gewisse Zeit vergehen muß.

So beobachtete man nach Blutungen die beginnende Einstellung auf erhöhte Erythropoese schon nach wenigen Stunden, bis zur Ausreifung

jedoch dauert es drei Tage. Bei Intoxikationen dauert das Einsetzen der Vermehrung noch etwas länger, da die toxische Degeneration der Knochenmarksherde mit der Blutzerstörung zusammen anhält. Höhepunkte der Polychromasie treten nach schweren Blutverlusten 4—6 Tage bei reinem Blutverlust, nach 6—8 Tagen bei schweren Blutintoxikationen ein.

Bei Infektionskrankeiten z. B. Pneumonie, soll sich nach Seckel die zirkulierende Blutmenge ganz verschieden verhalten. Bei der sog. pulmonalen Form erfährt die Blutmenge eine gewaltige Steigerung; bei den cardiovasculär-atonischen Formen teils eine starke Herabsetzung (blauer Typ), teils eine exzessive Vermehrung (blasser Typ). Die Aufbauquote der zirkulierenden Zellmenge wäre bei Anaemien des frühen Kindesalters während des Heilverlaufes etwa doppelt so groß, wie die gleichzeitige physiologische Wachstumsquote der Zellen. Zugleich mit der Anaemie ist eine Beschleunigung des Blutumlaufs gekoppelt, ebenso eine Zunahme des Herzminutenvolumens. Wieviel diese Beschleunigung ausmacht, wird jedenfalls von dem Grade der Anaemie abhängen, da dies alles nur kompensatorische Maßnahmen sind.

Der Wiederaufbau der Erythrocyten ist sicherlich auch bei einer wichtigen Erkrankung, der Rachitis, gestört. Inwieweit sich hier die Aufbauzeit ändert, da doch der Knochen erkrankt ist, ist wenig bekannt.

Interessant ist auch das Zeitmaß der physiologischen Vorgänge innerhalb des Blutbildes, wenn der Organismus einmal von einem Infekt betroffen worden ist. Diese Verhältnisse legte V. Schilling so dar, daß er einen Infekt zerlegte in eine neutrophile Kampfphase, in eine monocytäre Abwehrphase und eine lymphocytäre-eosinophile Heilphase, wobei für die erste Phase die ersten 4 Tage, für die zweite Phase der 5.—7. Tag in Frage kommen. Nun sinkt z. B. die Temperatur schon ab, der klinische Befund ist gut, aber am Blutbild mit seiner lymphocytären-eosinophilen Heilphase, die eine Zeit länger als 8 Tage in Anspruch nimmt, sehen wir, daß der Infekt endgültig noch lange nicht überwunden ist. Wie lange nun der Organismus braucht, um die Abwehr aufzubringen, hängt ganz davon ab, in welchem gesundheitlichen Zustand er sich vor der Infektion befunden hat.

Schilling behauptet nun weiter, daß auch das normale Blutbild kein starres Gefüge sei und ständig um eine gewisse Mittelsumme herum ausschlage. Das Pathologische bestehe dann mehr in dem Ausmaß der Ausschläge als in wirklich neuen Formen des Spieles.

Ueber das Zeitmaß der chemisch-physikalischen Eigenschaften des Blutes ist ganz allgemein zu sagen, daß der Organismus ungefähr 10 Tage, etwa die Neugeborenenperiode, braucht um sich auf bestimmte Werte einzustellen, die von denen der Erwachsenen kaum zu unterscheiden sind. Es ist eben für das Leben von ganz besonderer Bedeutung, das Optimum der chemisch-physikalischen Eigenschaften möglichst rasch zu erreichen; es wird dann unter normalen Umständen zäh festgehalten. Dies gilt z. B. für die Resistenz der Blutkörperchen, für das spezifische Gewicht, für die capilläre Resistenz, Trockensubstanz, Wasserstoffjonenkonzentration usw.

Ueber die Gerinnungs- und Blutungszeit ist folgendes zu sagen: Die Reaktionszeit, d. h. die Zeit, die vergeht, bis sich der 1. Fibrinfaden an dem durch den Blutwassertropfen hindurchgezogenen Glasfaden bildet, beträgt beim Kind wie beim Erwachsenen 5½ Minuten. Brock berichtet, daß die Gerinnung regelmäßig, wie bei anderen begänne, daß aber die Gerinnung beim Neugeborenen viel langsamer ihren Abschluß finde als beim Kleinkind, ja manchmal sogar recht unvollkommen sei. Die Blutungszeit dagegen zeige keinerlei Unterschiede in den verschiedenen Lebensstufen.

Für die Senkungsgeschwindigkeit, die nach den Methoden von Westergreen und Linsenmeyer bestimmt sind, gelten für den Erwachsenen beim Mann folgende Normalwerte: 1—3 mm gleichbedeutend mit 500 Minuten Linsenmeyer; für die Frau 4—7 mm = 360—240 Minuten Linsenmeyer. Es werden durch diese Methode die Eigenschaften des Plasmas besonders geprüft. Es kommt dabei zu einer Agglutination und Aggregatbildung zwischen den roten Blutkörperchen, was besonders dann der Fall ist, wenn die grobdispersen, labilen Eiweißkörper des Plasmas (Fibrinogen + Globulin) gegenüber dem stabilen, feindispersen Albumin vermehrt sind, außerdem noch bei einer Erhöhung des Cholesterinsgehalts des Plasmas im Verhältnis zum Lecithin. Beim Neugeborenen finden wir auch einen

Senkungswert von 1—3 mm, was darauf zurückzuführen sein soll, daß noch sehr wenig Fibrinogengehalt (0,08%) und sehr wenig Cholesterin vorhanden seien. Dieser Wert würde eine hohe Suspensionsstabilität zeigen. Hauptsächlich liegt es aber daran, daß die roten Blutkörperchen sehr hohe Zahlen im Anfang zeigen. Im 3. Monat erfährt dann die Senkung eine plötzliche Steigerung im Zusammenhang mit einer gewissen Verringerung der Blutviscosität. Innerhalb eines Jahres werden dann die Werte erreicht, die auch für den Erwachsenen gelten. Der Serumeiweißgehalt beträgt beim Neugeborenen nach Helmreich 6,7%—7,3%. Im Verlauf des Säuglingsalters sinkt dieser Wert auf 6%. Man erklärt sich dieses Sinken nach der Neugeborenenzeit mit einem Verbrauch von Organeiweiß. Bis zum Ende des 2. Lebensjahres soll nun der Prozentsatz 7,5—9% betragen. Die Ergebnisse wurden mit der Refraktionsmethode bestimmt; Körpergewicht und Eiweißgehalt des Serums nehmen gleichmäßig zu. Bauereisen meint dazu, daß mit der Erhöhung des Eiweißgehaltes das Kind die Immunitätseigentümlichkeiten des Erwachsenen erwerbe. Zur Frage der Immunität sei darauf hingewiesen, daß der Neugeborene an Diphtherie und Masern nicht erkrankt. Diphtherie tritt erst mit dem 1. Lebensjahr auf, da nach Fischl und Wunschheim 85% der Neugeborenen antitoxische Schutzkörper gegen Diphtheriegift haben, die dann aber wie alle passive Immunität verloren gehen. So findet man die häufigsten Fälle zwischen dem 1.—6. Lebensjahr. Die aktive Immunität muß sich der Körper erst selbst erwerben, sei es, daß er die Krankheit durchmacht, sei es, daß er die Immunität durch stille Feiung erwirbt. Auch der Masernschutz, der beim Neugeborenen 100% beträgt, fällt innerhalb der ersten 10 Monate auf 0%.

Mit welcher Geschwindigkeit in den verschiedenen Lebensstufen Antikörper gebildet werden, wollte man aus dem Verhalten der Blutlipase ermitteln. Es wird dabei die Zeit bestimmt, die das Serum zum Abbau des Tributyrins erfordert. Diese lipolytische Fähigkeit des Serums soll in einem direkten Verhältnis zur Antikörperbildung stehen. Diese Zeit beträgt nun beim Neugeborenen weit über 40 Minuten, sinkt aber beim Säugling schon auf 35—40 Minuten und erreicht im 2. Trimenon schon die

normalen Erwachsenenwerte mit 30 Minuten. Zur Frage der Immunität ist ferner noch darauf hinzuweisen, daß das junge Kind eine beschleunigte Reaktionsfähigkeit nach dem Ueberstehen der ersten Krankheit erlangt. Die freien Antikörper verschwinden zwar wieder, aber der Körper hat eine celluläre Immunität. Es werden beschleunigt Antikörper nachgebildet, die allgemeine Reaktion bleibt aus. Um aber Antikörper zu bilden, ist eine bestimmte Entwicklungsstufe, d. h. ein gewisses Alter Voraussetzung. So erklärt es sich, daß Neugeborene und Säuglinge auf Eitererreger anders reagieren wie ältere Kinder. Hier kommt es zu einem örtlichen Prozeß, zu einer Zellreaktion, mehr zur proliferativen Phase, dort dehnt sich der Prozeß über den ganzen Körper aus, wir haben keine Zellreaktion, es ist mehr die exsudative Phase. Reaktionslos verläuft jedoch der Prozeß nicht, wie wir aus dem Verhalten des Reticuloendothelialen Systems wissen, nur anders eben als beim älteren Kind und beim Erwachsenen. Mit Abschluß der Säuglingsperiode wird der Körper mehr mit der proliferativen Seite reagieren, wobei aber die Ernährung und die angeborene Konstitution ihre nicht zu unterschätzende Rolle spielen. Deshalb verläuft eine Lungenentzündung z. B. bei dem einen Kind im Verlauf von 8 Tagen, bei dem anderen in 14 Tagen, bei wieder anderen in 3 Wochen.

Bezüglich der Kolloidlabilität fand Duzar, der die Stabilität gegenüber Ausflockung mit verdünnten Alkohollösungen untersuchte, daß die größte Labilität in der Neugeborenenperiode vorhanden sei, dann aber einen rapiden Abfall zeige. Bis zum 2. Lebensmonat sei dann die höchste Stabilität erreicht. Von diesem Zeitpunkt an nehme sie ununterbrochen ab, auch im Erwachsenenalter noch, so daß man schon behauptete, von diesem Zeitpunkt an könne man das physiologische Altern verfolgen. Diese Verhältnisse stehen zu den Untersuchungen Györgys über die Senkungsgeschwindigkeit genau in einem reziproken Verhältnis. Wenn nämlich eine verlangsamte Senkung, wie das beim Neugeborenen der Fall ist, ein Zeichen von erhöhter Kolloidstabilität sein soll, dann steht dieses Ergebnis gerade im Widerspruch mit dem von Duzar gefundenen Wert, der gerade eine gewisse Kolloidlabilität für den Neugeborenen festgestellt haben will.

Eine beim Erwachsenen vollkommen bekannte Tatsache sind die Reaktionsformen der verschiedenen Blutgruppen. Es finden sich da in den Erythrocyten die Receptoren A und B, während im Plasma die Agglutinine a und b vorhanden sind. Die Receptoren sind ja durch die Vererbung festgelegt und bei der Geburt auch schon vollständig ausgebildet, die Agglutinine dagegen sollen eine secundäre Erscheinung darstellen, die erst im Laufe des Lebens erworben wird. Happ fand nun, daß bei den Menschen nicht gleichmäßig die Agglutinine in einem bestimmten Lebensabschnitt erworben werden. So fand er, daß in 22,7% die Agglutinine im 1. Trimenon ausgebildet, im 2. Trimenon zu 38,8%, im 2. Halbjahr zu 69,7% und im 1.—2. Jahr zu 100%. Im Laufe des 1. Lebensjahres jedenfalls müssen die Agglutinine ausgebildet sein. Andere Autoren dagegen finden, daß im Anfang des Lebens passiv von der Mutter Agglutinine übertragen werden, die dann im Laufe des Daseins ganz analog zu den Immunitätsverhältnissen verschwinden und dann mit ½ Jahr die Eigenbildung einsetze, die sich bis zum 2. Lebensjahr erstreckt, womit das Blut bezgl. seiner Blutgruppen seinen Endwert erreicht hat.

Im II. Teil soll nun der

Kreislauf

besprochen werden.

Bei Neugeborenen und Säuglingen dauert die Blutumlaufszeit ungefähr 15 Sec., dieser Wert soll nach Seckel hauptsächlich von 3 Faktoren abhängig sein,

1. vom Ernährungszustand in dem Sinne, daß der Durchschnittswert der dystrophischen Kinder unter dem der normalgewichtigen Säuglinge liegt, das würde also bedeuten, daß die Umlaufszeit in geringem Grade bei schlechten Ernährungsverhältnissen verkürzt ist;

2. vom Alter oder besser von der Wachstumsintensität, da Kinder im ersten Lebensjahr eine 3 Sec. kürzere Umlaufszeit besitzen als solche im 2. Jahr. Schließlich muß

3. die Blutumlaufszeit abhängen von der Körpergröße. Mit zunehmender Größe muß die Umlaufszeit sich vergrößern. Mit 1 Jahr dauert also

die minimale Umlaufszeit 15,5—17,5 Sec. Im Erwachsenenalter jedoch 21—23 Sec. Nach Vierordt macht ein Blutumlauf 26—29 Pulsschläge aus. Wenn nun beim einjährigen Kind ein Umlauf 15 Sec. in Anspruch nimmt, dann finden innerhalb 1 Min. 4 Umläufe statt, was gleichbedeutend ist mit einer Pulszahl von 108/Min. Das gleiche auf das zweijährige Kind angewandt, ergibt 3,3 Umläufe und eine Pulsfrequenz von 89, beim Erwachsenen 2,7 Umläufe und 73 Puls. Bei all diesen Werten ist zu beachten, daß dabei die minimale Umlaufszeit bestimmt ist, die mittlere Kreislaufszeit dürfte ungefähr das Doppelte betragen. Die Mittelwerte bilden eine mit dem Alter gleichsinnig aufsteigende Kurve. Daraus ergibt sich ohne weiteres, welche Herzarbeit ein Kind in 1 Minute leistet oder wenn man es anders will, welche Zeit ein Kind zu einer bestimmten Leistung braucht. So errechnete Seckel für 1 Minute das Volumen bezogen auf 1 kg Körpergewicht und fand hier für den Neugeborenen 165 ccm, für das 2jährige Kind 131 ccm und zum Vergleich der Erwachsenenwert mit 75 ccm. Diese Menge wurde nach der bekannten Formel errechnet: Minutenvolumen = Schlagvolumen × Pulsfrequenz. Dieser hohe Wert für Neugeborene und Kleinkinder ergibt sich nicht etwa aus einem vergrößerten Schlagvolumen, sondern ist bedingt durch die hohe Pulsfrequenz (120:116:70). Der hohe Sauerstoffverbrauch, der in den ersten beiden Jahren anhält, wird gedeckt durch ein über 100% gesteigertes relatives Herzminutenvolumen, d. h. es wird auf kleinerer Strombahn eine relativ zwar größere, dafür aber auch etwas an Haemoglobin ärmere Blutmenge mit vermutlich kaum größerer Strömungsgeschwindigkeit gleicher Sauerstoffsättigung und gleicher Ausnutzung (Utilisation) eben zweimal in der Minute statt einmal herumgetrieben. Das größere Minutenvolumen des kindlichen Herzens geht naturgemäß mit größerer Herzarbeitsleistung einher. Diese Herzarbeitsleistung beträgt für 1 Minute: $A = MV \times P \times 13{,}56$ (P soll den systolischen Druck darstellen) für beide Kammern unter Berücksichtigung, daß die rechte Kammer nur $^2/_5$ der linken leistet, ergibt sich: $A' = 7{,}5\ MV \times P \times 13{,}56$.

Nach dieser Formel würde nun die Minutenleistung beider Herzabteilungen 11,97 mkg absolut und 0,17 mkg pro kg Körpergewicht für

den Erwachsenen betragen, auf ein einjähriges Kind bezogen ist die absolute Leistung natürlich kleiner, ungefähr 2,9 mkg. Die Leistung auf 1 kg Körpergewicht beträgt jedoch 0,27 mkg.

Unter gewissen Umständen, das sei nur nebenbei erwähnt, ändert sich das gefundene Zeitmaß für die Blutumlaufsdauer und zwar bei Kindern entsprechend ihren anderen physiologischen Verhältnissen auch anders als beim Erwachsenen. So finden wir bei Morbus Basedow eine stark verkürzte Umlaufszeit zugleich mit niedriger Gesamtblutmenge, aber sehr hohem Minutenvolumen, während bei anderen Krankheiten wie Nephropathien und Adipositas die Umlaufsdauer normal bleibt, dagegen Blutmenge und Minutenvolumen klein sind.

Diese Werte der Umlaufszeit sind mittels einer Farbstoffmethode ermittelt, die ja nach verschiedenen Autoren deswegen Mängel besitzen soll, da nur eine minimale Umlaufsdauer und nicht der ganze Kreislauf erfaßt würde. So findet man auch bei anderen Autoren wie Kroetz Angaben von 42 Sec. für die ersten 12 Monate, bei einem 2jährigen Kind 44 Sec. und beim Erwachsenen 81 Sec. Daraus errechnet sich auch ein anderes Minutenvolumen nämlich 124 ccm/kg beim Neugeborenen und Säugling, 118 ccm/kg beim 2jährigen und 58,5 ccm/kg für den Erwachsenen. Wenn auch die direkten Zahlen nicht übereinstimmen, so stimmt jedenfalls das Verhältnis. Es ist nämlich das Minutenvolumen/kg Körpergewicht, wenn das des Erwachsenen = 1 gesetzt wird unter der Annahme einer alterskonstanten Beziehung zwischen Sauerstoffverbrauch und Minutenvolumen, beim Neugeborenen und bei Säuglingen 2,2 mal, beim 2jährigen 2,1 mal größer als beim Erwachsenen.

Bei Betrachtung des Zeitmaßes der physiologischen Vorgänge beim Kreislauf sei nun der Puls besprochen. Die rein anatomischen Angaben über Herz, Gefäße usw. finden sich im Handbuch der Anatomie des Kindes von Wetzel und in dem Buch von Brock „Biologische Daten für den Kinderarzt". Hier jedoch sollen die physiologischen Vorgänge und ihre Beziehung zum Zeitmaß weiter besprochen werden.

In engstem Zusammenhang mit dem Herzschlag und der Umlaufszeit steht natürlich die Pulsfrequenz, die in einer Zeiteinheit (1 Minute) fort-

geleiteten Herzaktionen. Wenn die Umlaufszeit beim Neugeborenen und Säugling doppelt so schnell ist wie später, dann muß sich das natürlich auch in der Pulsfrequenz ausdrücken. So finden sich beim Neugeborenen Werte von 130—140 Schlägen in der Minute, in den ersten beiden Trimenon sinkt diese Zahl auf 129, im 2. Halbjahr werden 125 Schläge erreicht, während im 2. Jahr das Herz nur noch 120 Schläge in der Minute leistet.

Zu dem Begriff Zeitmaß gehört nun zwar der Blutdruck und die Gefäßweite nicht, muß aber doch im Zusammenhang mit der Umlaufszeit, Blutmenge und Pulsfrequenz betrachtet werden. Es ist dabei nur kurz zu sagen, daß der Blutdruck am Anfang verhältnismäßig klein und niedrig ist, zumal wenn man die erhöhte Blutmenge betrachtet, um dann in den ersten Jahren schön langsam anzusteigen. Bezüglich der Gefäßweite stellen wir fest, daß das kindliche arterielle Gefäßsystem weiter ist als das des Erwachsenen und das venöse relativ enger, sodaß wir eine etwas andere Blutverteilung im Kindesalter besitzen wie später. Die Kapillaren jedoch sind schon am Anfang des Lebens in gleichem Abstand und Länge vorhanden. Dies alles ist für die kindliche Kreislaufzeit von Bedeutung, wenn man die rasche Umlaufszeit verstehen will. Zu beachten dabei ist, daß die auf das Körpergewicht bezogene relative Gesamtblutmenge annähernd alterskonstant ist; ferner, daß die Blutflüssigkeit inkompressibel ist, d. h. der Gesamtraum des Strombettes mit der Gesamtblutmenge ist ein für allemal gegeben. Warum kreist nun das Blut doppelt so schnell?

Man kennt die Formel von Poiseuille: $p = \frac{Vol}{\pi r^2} \cdot \frac{l}{r^2} \cdot 8\eta$ wobei η die Konstante für die innere Reibung l = Gefäßrohrlänge, r = Radius des Gefäßrohres und Vol. das in der Zeiteinheit hindurchgehende Flüssigkeitsvolumen darstellt. Das würde, wenn alle anderen Faktoren bekannt sind, heißen, der Druck steigt und fällt mit dem Minutenvolumen. Dem ist aber nicht so, denn bei größtem Minutenvolumen im Neugeborenenalter haben wir den kleinsten Druck. Dafür liegen 3 Ursachen vor:

1. r ist beim Kind weit (s. o. weite Arterien). Dadurch wird $\frac{l}{r^2} = w$ kleiner, da der Widerstand umso kleiner ist, je größer der Radius der Ge-

fäße. Daraus folgt, daß der Druck nicht mehr so hoch nötig ist. Der Gesamtraum des Strombettes mit der Gesamtblutmenge soll aber gleich bleiben, deshalb sind die Venen enger, also eine gewisse umgekehrte Verteilung des Blutes. Es ist aber noch ein weiterer Grund zu nennen. Die Kapillaren des Kindes sind nicht wesentlich enger als beim Erwachsenen, dagegen verhält sich das Massenverhältnis wie 1:7. Es besteht nun aber doch ein Unterschied, ob Blut durch ein Rohr fließt mit dem Radius 10 oder durch 100 Röhren mit dem Radius 1, beide haben einen Querschnitt von 100 π ($r^2\pi$). Trotzdem fließt aber in der Zeiteinheit durch das weite Rohr 100 mal mehr Flüssigkeit als durch die 100 Röhren mit dem Radius 1, jedoch mit gleichem Gesamtquerschnitt. Durch die Einheit des Querschnitts muß in der Zeiteinheit dasselbe Volumen hindurchfließen, deshalb muß also bei den vielen Röhren der Druck umso größer sein. Dies trifft auch zu, obwohl eine starke Beanspruchung des Blutdrucks durch das relativ hohe Minutenvolumen bedingt wäre. Als 3. Grund muß man wohl die Elastizität der arteriellen Gefäße heranziehen; denn je elastischer, d. h. dehnbarer die Gefäße sind, desto mehr entlasten sie das Herz, da sie durch diastoliche Verengerung dem Herzen Beförderungsarbeit abnehmen. Daraus folgt, daß der niedrige maximale systolische Blutdruck beim Kind relativ gering ist und auch mit bedingt ist durch die Elastizität seiner Arterien. Jedoch kann der Blutdruck für sich allein nicht ein maßgebendes Kriterium für die Beurteilung des augenblicklichen Zustandes des Kreislaufes darstellen, da ein und derselbe arterielle Druck bei einem verhältnismäßig geringen Widerstand und bei einem hohen Minutenvolumen also auch bei einem großen Widerstand und einem entsprechend kleineren Minutenvolumen bestehen kann. In diesem Zusammenhang sei noch darauf hingewiesen, daß die funktionelle Ausnützung des Sauerstoffs im Blut der Strömungsgeschwindigkeit des Blutes proportional läuft, was natürlich für die kindlichen Gewebe von besonderer Bedeutung ist. Die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes bei ein und demselben Strombahnquerschnitt ist sowohl dem Blutdruck als auch dem Minutenvolumen direkt proportional. Blutdrucksteigerung unter dem Einfluß physiologischer Variablen wie Arbeit ist bei jüngeren Menschen nicht so ausgesprochen wie bei

älteren und kehrt daher auch schneller zur Norm zurück. Nach einer Blutdrucksteigerung von 11 mm Hg bei mäßiger Arbeit soll nach 31 Minuten der Blutdruck wieder zur Norm zurückgekehrt sein, bei Kindern beträgt dieses Zeitmaß wesentlich weniger, jedoch sind darüber keine einzelnen Angaben gemacht.

Die Dauer der aufeinanderfolgenden Pulsschläge schwankt in geringen Grenzen; diese Schwankungen sind jedoch umso unbedeutender, je jünger das Individuum ist. Die Differenz zwischen den kleinsten und größten Pulsperioden in $^1/_{50}$ Sec. gemessen verhält sich folgendermaßen: Neugeborener: 3,4, Säugling: 2,8, junges Kind: 6,2, älteres Kind: 10,3.

Die Zunahme der Schwankungen in der Länge der einzelnen Pulsperioden ist mit dem Alter bzw. mit der Abnahme der Pulsfrequenz verknüpft. Dies bezeichnet man als respiratorische Arythmie, die bei ganz jungen Säuglingen fast noch nicht ausgeprägt ist und dann ununterbrochen ansteigt bis zur Pubertät. Dabei ist von einer gewissen Wichtigkeit, daß Praesystole und Systole in ihrem zeitlichen Ablauf gleich bleiben, während die Differenzen in der Länge der Pulsperioden lediglich auf Rechnung der Unterschiede in der Länge der Diastole zu setzen sind. Das Intervall zwischen 1. und 2. Herzton ist unverändert, zwischen 2. und 1. Ton, in der Herzpause also, tritt der Wechsel ein. Die Einzelpulse sind dabei auch unverändert, nur das Intervall zwischen den Einzelpulsen differiert und zwar in Abhängigkeit von der Atmung. Nach Helmreich ist das als ein Zeichen von Vagotonie aufzufassen.

Mit zunehmendem Alter, d. h. also mit fallender Pulsfrequenz werden die absoluten Werte der Systolendauer länger. Auf die Pulsperiode dagegen bezogen wird die Systolendauer relativ immer kürzer, d. h. die Systole nimmt einen immer kleineren Teil der Zeit der ganzen Herztätigkeit in Anspruch, da die Dauer der Herzruhe immer größer wird. Bei Säuglingen füllt die Dauer der Systole 62% der Zeit der ganzen Pulsperiode aus, während in den späteren Kinderjahren dieser Anteil 50—51% beträgt. Wenn man nun die durchschnittliche Pulsfrequenz, wie Gundobin angibt, mit 120 Schlägen in der Minute annimmt, so vollzieht demnach das Herz

des Neugeborenen seine ganze Kontraktion in ½ Sec. Nach Vierordt nimmt die Hälfte dieser Zeit die Systole der Ventrikel in Anspruch, während die andere Hälfte auf die Pause zwischen den Herztönen sich verteile. Es wäre somit die diastolische Ruhe für den Herzmuskel bei Kindern von bedeutend kürzerer Dauer als bei Erwachsenen. Geht man nun von der Voraussetzung aus, daß in 1 Minute 120 Schläge stattfinden, somit auf 1 Herzaktion ½ Sec. kommt und die Dauer der Systole nach Helmreich 62% der Zeit der ganzen Pulsperiode ausmacht, so trifft auf die Kammersystole 0,18 Sec., während die Diastole nur 0,12 Sec. dauert. In den späteren Jahren verschiebt sich das zu gleichen Teilen.

Mit zunehmendem Alter ändert sich nun die Pulsfrequenz, die Schläge pro Minute nehmen immer mehr ab; daher hängt auch die Dauer eines Herzschlages von der Zahl der Herzschläge in der Minute ab (Herzfrequenz). Die Systolendauer stellt dabei einen ziemlich konstanten Wert dar. Sie ist innerhalb weiter Grenzen von der Arbeit unabhängig und es ist immer als ein pathologisches Zeichen zu bezeichnen, wenn die Dauer der Systole irgendwie verändert ist. Dagegen schwankt die Dauer der Diastole in viel höherem Maße. Veränderungen in der Zahl der Herzschläge in der Minute werden daher hauptsächlich hervorgebracht durch Veränderungen in der Dauer der Diastole. Die Werte von Tigerstedt, Lombard und Cope, die wir in dem Buch von Landois Rosemann finden, zeigen diese Verhältnisse in recht anschaulicher Weise:

	Zahl der Herzschläge	Dauer der Herzschläge	Dauer der Systole	Dauer der Diastole
Tigerstedt:	75	0,8″	0,316″	0,482″
	92	0,65″	0,284″	0,368″
Lombard:	60	1,0″	0,270″	0,730″
	120	0,5″	0,200″	0,300″

Bekanntlich zerfällt nun die Herzrevolution, wie man den Ablauf einer Herzaktion genannt hat, in Anspannungs- und Austreibungszeit, welche

beide die Systole ausmachen, und in Entspannungs- und Anfüllungszeit, die die Diastole darstellen. Das Zeitmaß für die einzelnen Abschnitte liegt nur für Erwachsenenwerte vor und zwar gibt Tigerstedt für eine Pulsfrequenz von 80 an: Anspannungszeit 0,051 Sec. + Austreibungszeit 0,254 Sec. = Kammersystole 0,305 Sec. + Kammerdiastole 0,445 Sec. = Herzperiode 0,750 Sec. Wie diese Werte bei Kindern sich ändern, konnte leider nicht ermittelt werden. Lediglich bei Reuß finden wir indirekte Angaben. Der 1. Herzton begänne 0,028 Sec. nach dem Beginn der Kammerzacke, der 2. Herzton begänne 0,031 Sec. nach dem Ende der Finalschwankung. Obwohl wir wissen, daß der 1. Herzton mit dem Beginn der Systole und der 2. Herzton mit dem Beginn der Diastole zusammenfällt, sind diese Angaben zu ungenau, um daraus Schlüsse auf den Ablauf der kindlichen Herzaktion zu gewinnen. Bei Rominger und Meyer finden wir, daß die Austreibungszeit beim Erwachsenen im Mittel 30% der Dauer eines Pulsintervalls ausmacht, beim Säugling dagegen 41%. Die Austreibungszeit ist also beim Säugling relativ länger als beim Erwachsenen.

In diesem Zusammenhang sei auch gleich die Pulswellengeschwindigkeit betrachtet, d. h. die in der Zeiteinheit zurückgelegte Entfernung einer Pulswelle. Es zeigen sich hier Unterschiede in den verschiedenen Lebensaltern.

Rominger und Meyer geben für die Pulswellengeschwindigkeit beim Erwachsenen etwa 9 m/sec., beim Säugling im 1. und 2. Trimenon fanden sie Werte von 6,7 m/sec., während man bei Landois für ein 5jähriges Kind 5,2 m/sec. und für einen 84jährigen 8,6 m/sec. angegeben findet. Die Pulswellengeschwindigkeit hängt jedenfalls von der Elastizität der Arterienwand ab. Demnach läßt die verlangsamte Pulswellengeschwindigkeit beim jungen Kind auf eine dem Erwachsenen gegenüber erhöhte Elastizität der Arterien schließen. Daß das Sphygmogramm des Neugeborenen und des Säuglings gegenüber dem des Erwachsenen noch deutliche Unterschiede zeigt, wie Fehlen der dikroten Welle, usw. ist bekannt, ein Zeitmaß dafür konnte in der vorliegenden Literatur nicht gefunden werden.

Die Wellenlänge der Pulswellen errechnet sich aus der Dauer des Einströmens des Blutes in die Aorta multipliziert mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit, d. h. $0{,}2 \times 9 = 1{,}8$ m für den Erwachsenen und $0{,}2 \times 6{,}7 =$

1,34 m für ein Kind. Die Pulswelle ist also länger als die Strecke von Aortabeginn bis zur Arterie der großen Zehe.

Zum Schluß des Kapitels Kreislauf sei noch das Elektrocardiogramm erwähnt. Da man hier einen Weg vor sich hat, kann man diesen Weg auch viel leichter zeitlich messen. Aus diesem Grunde sind hier die Angaben über das Zeitmaß der physiologischen Vorgänge auch wieder etwas reichlicher. Das EKG mit seinen P, Q, R, S, T-Zacken ist aus der allgemeinen Physiologie bekannt. Vorhofszacke P mit Ueberleitungszeit, Kammerkomplex QRST und Herzpause. Bei Pfaundler finden wir nun Werte für eine Vorhofkontraktion P = 0,08 Sec. Ueberleitungszeit 0,07 Sec. Beide zusammen 0,15 Sec. Für den Kammerkomplex: Initialzacke R = 0,03 Sec. und Finalzacke T/0,23 Sec. oder von Q bis Ende P 0,33 Sec., das wäre also das Kammer EKG, während die Herzpause 0,34 Sec. von Ende F bis Anfang P beträgt. Nach Groedel ist nun die absolute Dauer der einzelnen Zacken bei verschiedenen Altersgruppen fast genau übereinstimmend, nur die Herzpause beträgt bei Kindern 0,1 Sec. gegenüber 0,35 Sec. beim Erwachsenen. Die Beschleunigung der Herzaktion beim Kind beruht also auf einer Verkürzung der Herzpause, während die Ventrikelsystole höchstens eine minimale Verkürzung aufweist! Auch die Ueberleitungszeit ist nach Pfaundler beim Kind deutlich verkürzt. Sie beträgt 0,1 Sec. gegen 0,12 und 0,17 Sec. beim Erwachsenen. Auch Seham gibt ähnliche Werte an, nämlich 0,113 Sec. beim Neugeborenen, 0,138 Sec. in der späteren Kindheit und 0,180 Sec. nach erreichter Reife. Die Ventrikelsystolendauer beträgt nach dem gleichen Autor beim Neugeborenen 0,21 Sec., beim älteren Kind 0,34 Sec. und beim Erwachsenen 0,36 Sec. Also beruht auch hiernach die frühkindliche Tachycardie im wesentlichen auf einer Verkürzung der Herzpause. In einer erst 1939 veröffentlichten Arbeit von Nadrai, der das EKG von Neugeborenen und Säuglingen sehr sorgfältig untersuchte, wurde mitgeteilt, daß innerhalb der Neugeborenenzeit die Ueberleitungszeit mit dem Alter und der Frequenzverminderung regelmäßig zunimmt. Die QRS-Dauer beträgt 0,044 Sec.; hat also keine wesentliche Aenderung erfahren. Es sei nun eine zeitliche Gegenüberstellung der einzelnen Abschnitte im Elektrocardiogramm gegeben, die wir auch bei Nadrai finden:

	I. Trimenon	II. Trimenon	II. Halbjahr	1 – 2 Jahre
QT	0,27″	0,27″	0,27″	0,28″
PT	0,36″	0,37″	0,38″	0,39″
TP	0,07″	0,07″	0,08″	0,08″

Die diastolische Pause ist im allgemeinen noch kurz, nimmt aber dann regelmäßig zu. Soweit das Physiologische über das Zeitmaß. Es fragt sich nun, ob an diesem Zeitmaß im pathologischen Zustand irgend etwas geändert wird. So gibt Pfaundler an, daß hochgradige Pulsverlangsamungen, die wir vielfach nach Diphtherie und anderen Infektionskrankheiten bei Kindern beobachten können, zum größten Teil auf einer Unterbrechung der Reizleitung beruhen. Die Automatie der Kammer bedingt dabei eine relative Gleichmäßigkeit der langsamen Schlagfolge, die mangelnde Zusammenarbeit zwischen Vorhöfen und Kammern, die Ungleichheit in der Pulsfüllung. Innerhalb weniger Monate können solche postinfektiöse Störungen vorbeigehen, aber bei frühzeitiger Belastung wiederkehren. Hecht beobachtete bei Masernreconvalescenz eine Zunahme der Ueberleitungszeit von 0,18 Sec. auf 0,30 Sec. Nadrai weist in seiner oben angezogenen Arbeit noch darauf hin, daß das Zeitmaß des EKG bei geburtstraumatischen intracraniellen Blutungen gegenüber der oben angeführten Norm Unterschiede zeige. So fand er eine Bradycardie (Frequenz gesunken bis 105), daneben eine Verzögerung der Ueberleitungszeit (P—Q) als Ausdruck einer zentralen Vaguserregung; ferner soll auch eine Verlängerung der Q—T Zeit vorhanden sein.

Zusammenfassung: Es sollte in der vorliegenden Arbeit einmal der Versuch gemacht werden das Zeitmaß der physiologischen Vorgänge in den verschiedenen kindlichen Lebensstufen klar herauszustellen. Es wurden dazu Blut und Kreislauf gewählt. An Hand der verschiedensten Autoren wurde dann festgestellt, daß die physiologischen Vorgänge und besonders das Zeitmaß in den einzelnen Teilabschnitten sich teils sehr von dem späteren Erwachsenenwert unterscheidet, in anderen Fällen wieder weniger

oder daß die endgültigen Werte schon nach einer kurzen Zeit erreicht sind. Es wird so leichter möglich sein, sich über das Zeitmaß der pathologischen Vorgänge ein Bild zu machen und es wurde auch innerhalb der Arbeit auf solche Veränderungen hingewiesen. Es wurde auch mehrmals erwähnt, daß die gegenüber dem Erwachsenen gefundenen Werte durchaus nichts mit Pathologie zu tun haben; denn die Voraussetzungen für den Ablauf einer physiologischen Funktion sind beim Neugeborenen andere wie beim Säugling und ganz andere wie beim Erwachsenen.

Zum Schluß möchte ich Herrn Geheimrat Professor Dr. F. Jamin für die Anregung zu dieser Arbeit und für die Förderung, die er ihr entgegengebracht hat, meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Literaturverzeichnis.

Baar und Stransky, Die klinische Haematologie des Kindesalters.

Brock, Biologische Daten für den Kinderarzt.

Gundobin, Die Besonderheiten des Kindesalters.

Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie.

Helmreich, Physiologie des Kindesalters.

Hoff, Blut und vegetative Regulation. Ergebnisse der Inneren Medizin und Kinderheilkunde Bd 33.

Katz und Leffkowitz, Die Blutkörperchensenkung. Ergebnisse der Inneren Medizin und Kinderheilkunde Bd. 33.

Klisch und Schwarz, Herzschlagvolumen und Methoden seiner Bestimmung. Ergebnisse der Inneren Medizin und Kinderheilkunde Bd. 27.

Kovacs, Beiträge zur Kenntnis des leucocytären Blutbildes im Säuglingsalter. Jahrbuch für Kinderheilkunde Bd. 78.

Lederer, Paralleluntersuchung über Serumeiweißgehalt. Monatsschrift für Kinderheilkunde Bd. 27.

Landois Rosemann, Lehrbuch der Physiologie.

Nadrai, Die Elektrocardiographie im Säuglingsalter. Zeitschrift für Kinderheilkunde Bd. 61.

Ockel und Hagen, Ueber die Polychromasie im roten Blutbild bei Neugeborenen. Archiv für Kinderheilkunde Bd. 80.

Opitz, Zur Pathogenese der alimentären Anaemie. Jahrbuch für Kinderheilkunde Bd. 24.

Pfaundler, Handbuch der Kinderheilkunde.

Reiß, Die refraktrometrische Bluntersuchung beim Menschen. Ergebnisse innerer Medizin und Kinderheilkunde Bd. 10.

v. Reuß, Die Krankheiten des Neugeborenen.

Rominger und Meyer, Sphygmographische Untersuchungen beim Säugling. Zeitschrift für Kinderheilkunde Bd. 52.

Schulten, Lehrbuch der klinischen Haematologie.

Seckel, Die Blutmenge normaler und dystrophischer Säuglinge. Jahrbuch der Kinderheilkunde Bd. 126.

— , Die normale Blutumlaufsdauer und Kreislaufgröße in den ersten beiden Lebensjahren. Jahrbuch der Kinderheilkunde Bd. 81.

Trendelenburg, System der örtlichen Ableitung des menschlichen Elektrocardiogramms und seine praktische Anwendung. Medizinische Welt Nr. 26, 1934.

Türk, Klinische Haematologie.

Wetzel, Handbuch der Anatomie des Kindes.

Lebenslauf.

Am 19. Oktober 1914 wurde ich als Sohn des städt. Bauführers Georg Trost und seiner Ehefrau Karoline, geb. Neubauer, zu Nürnberg geboren. Ich besuchte die Volksschule und das hum. Gymnasium zu Fürth in Bayern, woselbst ich Ostern 1934 die Reifeprüfung ablegte. Anschließend leistete ich den freiwilligen Arbeitsdienst ab, immatrikulierte mich sodann im W.S. 1934/35 an der Universität Basel für das medizinische Studium und im S.S. 1935 in Erlangen. Im April 1936 legte ich dort den I. Abschnitt der ärztlichen Vorprüfung und im Juni 1937 den II. Abschnitt der ärztlichen Vorprüfung ab. Das medizinische Staatsexamen wurde mir auf Grund eines Erlasses des Herrn Reichserziehungsministers bis auf weiteres erlassen.